

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re U.S. Patent Application of)
)
SHIMOJO et al.)
)
Application Number: To be Assigned)
)
Filed: Concurrently Herewith)
)
For: CONCRETE CASK AND METHOD FOR)
MANUFACTURING THEREOF)
)
ATTORNEY DOCKET NO. SANK.0005)

**Honorable Assistant Commissioner
for Patents
Washington, D.C. 20231**

**REQUEST FOR PRIORITY
UNDER 35 U.S.C. § 119
AND THE INTERNATIONAL CONVENTION**

Sir:

In the matter of the above-captioned application for a United States patent, notice is hereby given that the Applicant claims the priority date of January 31, 2003, the filing date of the corresponding Japanese patent application 2003-024208.

A certified copy of Japanese patent application 2003-024208 is being submitted herewith. Acknowledgment of receipt of the certified copy is respectfully requested in due course.

Respectfully submitted,

Stanley P. Fisher
Registration Number 24,344

Juan Carlos A. Marquez
Registration Number 34,072

REED SMITH LLP
3110 Fairview Park Drive
Suite 1400
Falls Church, Virginia 22042
(703) 641-4200
January 30, 2004

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日 2003年 1月31日
Date of Application:

出願番号 特願2003-024208
Application Number:

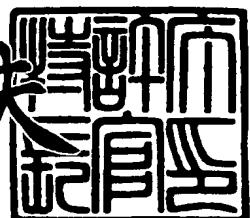
[ST. 10/C] : [JP 2003-024208]

出願人 株式会社神戸製鋼所
Applicant(s): 大成建設株式会社

2003年 8月27日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井康夫



出証番号 出証特2003-3069830

【書類名】 特許願

【整理番号】 30131043

【提出日】 平成15年 1月31日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G21F 9/36

【発明の名称】 コンクリートキャスク並びにその製造方法

【請求項の数】 18

【発明者】

【住所又は居所】 兵庫県高砂市荒井町新浜2丁目3番1号 株式会社神戸
製鋼所 高砂製作所内

【氏名】 下条 純

【発明者】

【住所又は居所】 兵庫県高砂市荒井町新浜2丁目3番1号 株式会社神戸
製鋼所 高砂製作所内

【氏名】 谷内 廣明

【発明者】

【住所又は居所】 東京都新宿区西新宿一丁目25番1号 大成建設株式会
社内

【氏名】 杉原 豊

【発明者】

【住所又は居所】 東京都新宿区西新宿一丁目25番1号 大成建設株式会
社内

【氏名】 大脇 英司

【発明者】

【住所又は居所】 東京都新宿区西新宿一丁目25番1号 大成建設株式会
社内

【氏名】 畑 明仁

【発明者】

【住所又は居所】 東京都新宿区西新宿一丁目25番1号 大成建設株式会社内

【氏名】 平川 勝彦

【発明者】

【住所又は居所】 東京都新宿区西新宿一丁目25番1号 大成建設株式会社内

【氏名】 宮原 茂禎

【特許出願人】

【識別番号】 000001199

【氏名又は名称】 株式会社神戸製鋼所

【特許出願人】

【識別番号】 000206211

【氏名又は名称】 大成建設株式会社

【代理人】

【識別番号】 100089196

【弁理士】

【氏名又は名称】 梶 良之

【選任した代理人】

【識別番号】 100104226

【弁理士】

【氏名又は名称】 須原 誠

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 014731

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0103969

【包括委任状番号】 0000795

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 コンクリートキャスク並びにその製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項1】 金属製の内筒および外筒の間にコンクリートからなる遮蔽体と金属製の伝熱フィンが設けられており、内筒の内側に放射性物質の収納部を設けてなるコンクリートキャスクにおいて、

前記収納部をキャスク外部から遮断するよう密閉構造とし、且つ、

前記伝熱フィンは、

その内筒側部分が前記内筒に接して設けられ、且つ、その外筒側部分が前記外筒に対して離間部を形成するように切り欠かれているか、または、

その外筒側部分が前記外筒に接して設けられ、且つ、その内筒側部分が前記内筒に対して離間部を形成するように切り欠かれている

ことを特徴とするコンクリートキャスク。

【請求項2】 前記外筒側に接して設けられた第一伝熱フィンと前記内筒側に接して設けられた第二伝熱フィンとを少なくとも備え、

第一伝熱フィンと第二伝熱フィンは、互いにオーバーラップし、且つ、当該オーバーラップ部分において両伝熱フィン間に距離をもつように設けられていることを特徴とする請求項1記載のコンクリートキャスク。

【請求項3】 前記両伝熱フィンのオーバーラップ部分の長さをw₁、オーバーラップ部分における両伝熱フィンの間の距離をa₁としたときに、以下の関係を満足することを特徴とする請求項2記載のコンクリートキャスク。

$$a_1 \leq (2 \cdot \lambda_c \cdot w_1 \cdot L_c) / (\lambda_f \cdot t)$$

ここで、 λ_c :コンクリートの熱伝導率(W/m·K)

L_c :コンクリート遮蔽体の厚さ (m)

λ_f :伝熱フィンの熱伝導率 (W/m·K)

t : 伝熱フィンの厚さ (m)

【請求項4】 前記伝熱フィンは、その前記離間部を形成している側が、前記内筒あるいは前記外筒に対向する対向面を備えるよう略L字状に形成されていることを特徴とする請求項1に記載のコンクリートキャスク。

【請求項 5】 前記離間部の離間距離をa₂としたときに、以下の関係を満足することを特徴とする請求項4に記載のコンクリートキャスク。

$$a_2 \leq (2 \cdot \lambda_c \cdot w_2 \cdot L_c) / (\lambda_f \cdot t)$$

ここで、 λ_c :コンクリートの熱伝導率(W/m·K)

L_c :コンクリート遮蔽体の厚さ(m)

λ_f :伝熱フィンの熱伝導率(W/m·K)

t :伝熱フィンの厚さ(m)

w_2 :前記対向面の幅方向の長さ(m)

【請求項 6】 前記伝熱フィンが略I字形状に形成されていることを特徴とする請求項1に記載のコンクリートキャスク。

【請求項 7】 前記離間部は、伝熱フィンと内筒あるいは外筒との間を完全に離間するように構成されていることを特徴とする請求項1乃至6のいずれか1項に記載のコンクリートキャスク。

【請求項 8】 前記伝熱フィンは、前記遮蔽体の径方向に対し傾けて設置されていることを特徴とする請求項1乃至7の何れか1項に記載のコンクリートキャスク。

【請求項 9】 前記伝熱フィンが開口部を有していることを特徴とする請求項1乃至8のいずれか1項に記載のコンクリートキャスク。

【請求項 10】 金属製の内筒および外筒の間にコンクリートからなる遮蔽体が設けられており、内筒の内側に放射性物質の収納部を設けてなるコンクリートキャスクにおいて、

前記収納部をキャスク外部から遮断するよう密閉構造とし、且つ、前記遮蔽体が金属材料を含む良熱伝導性を有するコンクリートからなることを特徴とするコンクリートキャスク。

【請求項 11】 上記遮蔽体の熱伝導率が4(W/m·K)以上であることを特徴とする請求項10に記載のコンクリートキャスク。

【請求項 12】 前記遮蔽体は、粒状、粉末状、繊維状の少なくとも何れか一種類の形状の金属材料を含有していることを特徴とする請求項1乃至12の何れか1項に記載のコンクリートキャスク。

【請求項 13】 前記遮蔽体は、融点及び分解温度が100℃よりも高い結晶体として水分を保持する水酸化物を15mass%以上含有していることを特徴とする請求項1乃至12の何れか1項に記載のコンクリートキャスク。

【請求項 14】 前記水酸化物が水に対して難溶性あるいは不溶性を示す水酸化物であることを特徴とする請求項13に記載のコンクリートキャスク。

【請求項 15】 前記遮蔽体は外気から遮断するように密閉されていることを特徴とする請求項1乃至14の何れか1項に記載のコンクリートキャスク。

【請求項 16】 請求項1乃至15の何れか1項に記載のコンクリートキャスクの製造方法であって、前記遮蔽体を形成する遮蔽体材料を混練する混練工程と、混練された遮蔽体材料を打設する打設工程とを含み、少なくとも何れか一方の工程において当該遮蔽体材料を真空脱泡することを特徴とするコンクリートキャスクの製造方法。

【請求項 17】 前記混練工程において、混合混練機の混練室内で遮蔽体材料を混練すると共に当該混練室内を真空ポンプで脱気することにより、遮蔽体材料を真空脱泡することを特徴とする請求項16に記載のコンクリートキャスクの製造方法。

【請求項 18】 前記打設工程において、前記混練工程で混練された遮蔽体材料を前記内筒と前記外筒の間に形成した空間に打設すると共に当該空間内を真空ポンプで脱気することにより、遮蔽体材料を真空脱泡することを特徴とする請求項16又は17に記載のコンクリートキャスクの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、使用済核燃料等の放射性物質を輸送あるいは長期に亘って保管するに好適なコンクリートキャスクに関するものである。

【0002】

【従来の技術】

従来のコンクリートキャスクとしては、下記特許文献1や、下記特許文献2に示されたものが知られている。特許文献1は典型的な従来型コンクリートキャス

クであり、コンクリートキャスクの上部に排気口が、下部に給気口が、それぞれ設けられている。この構造は、給気口から外気を取り入れて排気口から排出するようにコンクリートキャスクとキャニスターとのすき間に対流を生じさせ、これにより、コンクリートキャスクの内部に貯蔵されているキャニスター（使用済燃料を入れた密封容器）の除熱を行う構造である。

【0003】

特許文献2のものは、金属キャスクの構造で、内外筒の間に中性子遮蔽材等が設けられている。そして、内外筒間の伝熱を促すために、銅などの熱伝導の良い金属材料でできた伝熱フィンの両端部全体が、内筒及び外筒につながっている。伝熱フィンは、半径方向に沿って、放射状に設けられている。

【0004】

【特許文献1】

特開2001-141891号公報

【特許文献2】

特開2001-3342994号公報

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

上記特許文献1の構成は、給排気口として開口部を設けて、外気を導入することにより除熱を図ることを行っている。そのために、外気に含まれる海塩粒子等の腐食促進物質が開口部を介してコンクリートキャスク内部に侵入し、キャニスター表面に付着することが避けられない。この結果、キャニスター表面が腐食され、場合によってはキャニスターの溶接近傍等の残留応力とあいまって、応力腐食割れが発生する可能性がある。これは、キャニスターの密封が破れ、放射性物質が外部に放出される可能性があることを意味する。更に、上述の給排気口としての開口部は遮蔽体によって覆われない部分（遮蔽体欠損部）であるから、当該開口部からの放射線のストリーミングが避けられない不具合があった。

【0006】

上記特許文献2の構成は、内筒及び外筒が伝熱フィンの両端部の全体でつながっているため伝熱フィン部分において遮蔽体がなく、放射線が伝熱フィンを透過

して半径方向にストリーミングしてしまう問題がある。また、伝熱フィンを内外筒に接触させる構造であるために、コンクリート等の中性子遮蔽材は、内外筒と伝熱フィンで囲まれた空間の一つ一つに打設するか、或いはブロック状のものを組み込んでいく必要があり、製造に手間がかかる。

【0007】

本発明の目的は、放射線のストリーミングの抑制効果が高く、製造が容易なコンクリートキャスクを提供することである。

【0008】

【課題を解決するための手段】

本発明の解決しようとする課題は以上の如くであり、次にこの課題を解決するための手段を説明する。

【0009】

即ち、請求項1においては、金属製の内筒および外筒の間にコンクリートからなる遮蔽体と金属製の伝熱フィンが設けられており、内筒の内側に放射性物質の収納部を設けてなるコンクリートキャスクにおいて、前記収納部をキャスク外部から遮断するよう密閉構造とし、且つ、前記伝熱フィンは、その内筒側部分が前記内筒に接して設けられ、且つ、その外筒側部分が前記外筒に対して離間部を形成するように切り欠かれているか、または、その外筒側部分が前記外筒に接して設けられ、且つ、その内筒側部分が前記内筒に対して離間部を形成するように切り欠かれているものである。

【0010】

請求項2においては、前記外筒側に接して設けられた第一伝熱フィンと前記内筒側に接して設けられた第二伝熱フィンとを少なくとも備え、第一伝熱フィンと第二伝熱フィンは、互いにオーバーラップし、且つ、当該オーバーラップ部分において両伝熱フィン間に距離をもつように設けられているものである。

【0011】

請求項3においては、前記両伝熱フィンのオーバーラップ部分の長さを w_1 、オーバーラップ部分における両伝熱フィンの間の距離を a_1 としたときに、 $a_1 \leq (2 \cdot \lambda_c \cdot w_1 \cdot L_c) / (\lambda_f \cdot t)$ の関係を満足するものである。

ここで、 λ_c :コンクリートの熱伝導率(W/m・K), L_c :コンクリート遮蔽体の厚さ(m), λ_f :伝熱フィンの熱伝導率(W/m・K), t :伝熱フィンの厚さ(m), w_1 :両伝熱フィンがオーバーラップしている長さ(m)である。

【0012】

請求項4においては、前記伝熱フィンは、その前記離間部を形成している側が、前記内筒あるいは前記外筒に対向する対向面を備えるよう略L字状に形成されているものである。

【0013】

請求項5においては、前記離間部の離間距離を a_2 としたときに、 $a_2 \leq (2 \cdot \lambda_c \cdot w_2 \cdot L_c) / (\lambda_f \cdot t)$ の関係を満足するものである。

ここで、 λ_c :コンクリートの熱伝導率(W/m・K), L_c :コンクリート遮蔽体の厚さ(m), λ_f :伝熱フィンの熱伝導率(W/m・K), t :伝熱フィンの厚さ(m), w_2 :前記対向面の幅方向の長さ(m)である。

【0014】

請求項6においては、前記伝熱フィンが略I字形状に形成されているものである。

【0015】

請求項7においては、前記離間部は、伝熱フィンと内筒あるいは外筒との間を完全に離間するように構成されているものである。

【0016】

請求項8においては、前記伝熱フィンは、前記遮蔽体の径方向に対し傾けて設置されているものである。

【0017】

請求項9においては、前記伝熱フィンが開口部を有しているものである。

【0018】

請求項10においては、金属製の内筒および外筒の間にコンクリートからなる遮蔽体が設けられており、内筒の内側に放射性物質の収納部を設けてなるコンクリートキャスクにおいて、前記収納部をキャスク外部から遮断するよう密閉構造とし、且つ、前記遮蔽体が金属材料を含む良熱伝導性を有するコンクリートから

なるものである。

【0019】

請求項11においては、上記遮蔽体の熱伝導率が4 (W/m·K) 以上であるものである。

【0020】

請求項12においては、前記遮蔽体は、粒状、粉末状、繊維状の少なくとも何れか一種類の形態の金属材料を含有しているものである。

【0021】

請求項13においては、前記遮蔽体は、分解点が100°Cよりも高い結晶体として水分を保持する水酸化物を15 mass %以上含有しているものである。

【0022】

請求項14においては、前記水酸化物が水に対して難溶性あるいは不溶性を示すものである。

【0023】

請求項15においては、前記遮蔽体は外気から遮断するように密閉されているものである。

【0024】

請求項16においては、コンクリートキャスクの製造方法であって、前記遮蔽体を形成する遮蔽体材料を混練する混練工程と、混練された遮蔽体材料を打設する打設工程とを含み、少なくとも何れか一方の工程において当該遮蔽体材料を真空脱泡するものである。

【0025】

請求項17においては、前記混練工程において、混合混練機の混練室内で遮蔽体材料を混練すると共に当該混練室内を真空ポンプで脱氣することにより、遮蔽体材料を真空脱泡するものである。

【0026】

請求項18においては、前記打設工程において、前記混練工程で混練された遮蔽体材料を前記内筒と前記外筒の間に形成した空間に打設すると共に当該空間内を真空ポンプで脱氣することにより、遮蔽体材料を真空脱泡するものである。

【0027】

【発明の実施の形態】

以下、発明の実施の形態を説明する。

まず、コンクリートキャスクの基本構成と、当該コンクリートキャスクにおける伝熱フィンの構造について説明する。

図1は本発明の第1実施形態に係るコンクリートキャスクの貯蔵状態を示す一部切欠斜視図である。図2（a）は第1実施形態のコンクリートキャスクの縦断面図、（b）は横断面図である。

【0028】

図1及び図2に示す第1実施形態のコンクリートキャスクAは、有底無蓋筒状の容器本体1と、その蓋2とから構成されている。このコンクリートキャスクAは内部にキャニスターaを有している。

【0029】

容器本体1は、コンクリート製の容器3を、炭素鋼製の外筒4、炭素鋼製の底カバー5、炭素鋼製で厚さの厚いフランジ、及び炭素鋼製の内筒7で覆ったもので構成されている。内筒7の内側（容器本体1の内側）には、前記キャニスターaを収納するための収納部が構成されている。

蓋2は、コンクリート製の蓋部材8を、炭素鋼製で厚さの厚い上部蓋9と、炭素鋼製の下部カバー10で覆ったものに構成されている。容器3には図1や図2（b）に示すように、銅、炭素鋼又はアルミ合金製の伝熱フィン11が、外筒4の内壁に接続するようにして多数埋設装備されている。

なお、伝熱フィンは容器の軸方向全長にわたって設ける必要はなく、少なくとも放熱のために必要な部分に設ければよい。例えばキャニスターより下の部分では特に伝熱フィンを設ける必要はない。

【0030】

前記蓋2を容器本体1に設置することで、内筒7の内側の空間（収納部）は密閉され、コンクリートキャスクAの外部から遮断される。この密封をチェックするため、蓋2には密封監視装置12が装備される（図1参照）。

【0031】

キャニスターaは、容器本体13及び蓋14から構成された密封容器であり、その内部には図1に示すように、使用済核燃料等の放射性物質xが充填されている。

【0032】

図2(b)に示すように、内筒7と外筒4との間には、前記放射性物質xから排出された熱のコンクリートキャスクA外部への放散を促進するための伝熱フィン11が、周方向に等間隔で多数配置されている。

それぞれの伝熱フィン11は平板状(横断面視「I」字形状)に形成され、容器3の径方向に沿うように放射状に配置される。各伝熱フィン11の外筒4側の端部は当該外筒4の内壁に接続される一方、内筒7側の端部は、当該内筒7の外壁に対する離間部を設けている。即ち、伝熱フィン11の内側の端部は切り欠かれており、内筒7に対して適当な間隔をおいて離隔している。

なお、この切欠部分は、容器3の軸方向の全てにわたって切り欠かれており、伝熱フィン11と内筒7とは、完全に離間されている。

【0033】

この第1実施形態の構成は、放射線が伝熱フィン11を径方向に透過しようとしても、内筒7と伝熱フィン11との間に離間部があるために、必ず離間部のコンクリート3を通過しなければならない構成である。これは、放射線が径方向に漏れようとした場合は必ず遮蔽体としてのコンクリート3を通過しなければならない、放射線遮蔽性能に優れたコンクリートキャスクAの構造を提供できることを意味する。

【0034】

更にはこの構成は、容器本体1を容易に製造できるという点で有利である。

即ち、容器本体1を製造する際は、予め内外筒4・7を形成しておいた上で、内外筒4・7の間に生コンクリート3を打設して形成することになる。この点、特許文献2に示すような従来の構成(図11に示す構成)では、個々のセル(即ち、図11の各伝熱フィン30によって仕切られた空間)の全てに生コンクリート3を逐一打設する必要がある。しかしながら、本実施形態の構成によれば、個々のセル同士が前記離間部を介して連通する結果、生コンクリート3の打

設箇所が一箇所だけであっても、全てのセルに生コンクリート3を行き渡らせることができるるので、製造工数が低減される。

【0035】

また、伝熱フィン11と内筒7とが完全に離間されているということは、内外筒4・7の間が伝熱フィン11によって繋がっていないことを意味する。従って、内筒7と外筒4とを予め別々に製作しておき、その上で組み立てるといった製造工程を採用することができる。従って、実施形態1の構成は、この意味でも製造工数上有利であるということができる。

【0036】

なお、以上に示した効果は、以下に示す第2～第8の実施形態においても、同様に奏される。以下に各実施形態を説明する。

図3～図9は、第2～第8の実施形態の横断面図である。

【0037】

図3に横断面図を示す第2実施形態は、それぞれの伝熱フィン11'を、内筒7側の端部を当該内筒7の外壁に接続させる一方、外筒4側の端部を、当該外筒4の内壁に対して離間部を設けて配置している。即ち、伝熱フィン11'を、上記第1実施形態（図2（b））とは逆に、外筒4に対して離間させて配置させている。

【0038】

図4に横断面図を示す第3実施形態は、各伝熱フィン18の外筒4側の端部を当該外筒4の内壁に接続させるとともに、内筒7側の端部（内筒7に対して離間部を形成している側）は、適宜の幅で略垂直に折り曲げて「L」字状としている。この結果、この折り曲げた部分（折曲げ部）は、内筒7の外壁に対し適当な間隔（離間部）をおいて対向する、対向面を形成している。

【0039】

図5に横断面図を示す第4実施形態は、それぞれの伝熱フィン18'を、その内筒7側の端部を当該内筒7の外壁に接続させるとともに、外筒4側の端部（外筒4に対して離間部を形成している側）を適宜の幅で略垂直に折り曲げて「L」字状としている。この結果、当該折り曲げた部分（折曲げ部）は、外筒4の内壁

に対し適当な間隔（離間部）をおいて対向する、対向面を形成している。

【0040】

以上に示した第3実施形態・第4実施形態は、伝熱フィン18, 18'が折曲げ部を有しているので、伝熱フィン18, 18'が内筒7あるいは外筒4に対向する面（対向面）の面積を大きく確保することができる。この結果、伝熱を促進でき、冷却性能に優れたコンクリートキャスクAとすることができる。

【0041】

図6に横断面図を示す第5実施形態は、容器3の周方向で等間隔に、第一伝熱フィン21と第二伝熱フィン22を交互に配置する構成である。

第一伝熱フィン21は、その外筒4側の端部を当該外筒4の内壁に接続させる一方、内筒7側の端部は、当該内筒7の外壁に対する離間部を形成するように切り欠かれている。

第二伝熱フィン22は、その内筒7側の端部を当該内筒7の外壁に接続させる一方、外筒4側の端部は、当該外筒4の内壁に対する離間部を形成するように切り欠かれている。

一方の伝熱フィン（21または22）は、隣り合う他方の伝熱フィン（22または21）の間に差し込まれるように配置される。この結果、第一伝熱フィン21と第二伝熱フィン22とは、容器3の径方向で重複部分（オーバーラップ部）を有する。

【0042】

この第5実施形態は、第一伝熱フィン21と第二伝熱フィン22との間にオーバーラップ部が設けられているので、両伝熱フィン21・22間での伝熱が促進され、冷却効果に優れる利点を有する。

また、第1実施形態・第2実施形態と同様、伝熱フィン21・22が折曲げ部のない平板に形成されているので（いわゆる「I」字形状）、伝熱フィン21・22の折曲げ加工が不要で、加工工数を低減できるメリットがある。

【0043】

図7に横断面を示す第6実施形態は、第1実施形態の伝熱フィン11のそれを、容器3の径方向から所定の角度だけ傾けたものである（符号11b）。な

お図示しないが、第2実施形態の伝熱フィン11'のそれぞれを、同様に径方向から所定の角度だけ傾けた構成も考えられる。

【0044】

図8に横断面を示す第7実施形態は、第3実施形態の伝熱フィン18のそれれにおいて、容器3の径方向に沿う部分（上記折曲げ部以外の部分）を、容器3の径方向から所定の角度だけ傾けたものである（符号18b）。なお図示しないが、第4実施形態の伝熱フィン18'の径方向に沿う部分を、同様に径方向から所定の角度だけ傾ける構成も考えられる。

【0045】

図9に横断面を示す第8実施形態は、第5実施形態の第一伝熱フィン21・第二伝熱フィン22のそれぞれを、径方向から所定の角度だけ傾けたものである（符号21b, 22b）。

【0046】

これら第6～第8の実施形態は、放射性物質xからの放射線の放射方向（容器3の径方向）に沿わないように前記伝熱フィン（11b, 18b, 21b, 22b）が傾けられた状態で配置されているから、放射線の径方向のストリーミングを一層確実に抑制できるという効果を有する。

【0047】

次に、前記第5実施形態に示すように交互に千鳥状に伝熱フィン21・22を取り付けた場合の、コンクリートキャスクの伝熱性能（除熱性能）について説明する。

図10は第5実施形態の容器の横断面一部拡大図、図11は比較対照例（従来技術）の構成における容器の横断面一部拡大図である。

【0048】

まず一般に熱伝導に関する式は、下記の式[A]のように表されることが知られている。

$$Q = \lambda \times S \times \Delta T / L$$

[A]

ただし、

λ ：熱伝導物質の熱伝導率（W/m・K）

S : 热伝導物質の伝熱パス面積（热流束の方向に垂直な伝熱面積）（m²）

Δ T : 内外筒温度差（K）

L : 伝熱パスの距離（m）

である。

【0049】

そして、伝熱フィン21・22に不連続部がある本発明の前記第5実施形態においては、

λ_c : コンクリート遮蔽体3の熱伝導率（W/m・K）

S_c : 伝熱フィン21, 22がオーバーラップしている領域（以下、「オーバーラップ部」）におけるコンクリート遮蔽体3の伝熱パスの面積（m²）

T_{if} : オーバーラップ部における内筒7側の伝熱フィン22の温度（K）

T_{of} : オーバーラップ部における外筒4側の伝熱フィン21の温度（K）

a : オーバーラップ部における両伝熱フィン21・22の間の距離（m）

とし、 $\lambda = \lambda_c$, $S = S_c$, $\Delta T = T_{if} - T_{of}$, $L = a$ を前記式【A】にそれぞれ代入する。

すると、両伝熱フィンの間の伝熱量Q_Iは、

$$Q_I = \lambda_c \times S_c \times (T_{if} - T_{of}) / a \quad [C]$$

として得ることができる。

【0050】

次に、これに対する比較対照例として、内外筒4・7が伝熱フィン30で直接つながれた構造（前記特許文献2で開示される、図11のような構造）を考える。この場合、

λ_f : 伝熱フィン30の熱伝導率（W/m・K）

S_f : 伝熱フィン30の伝熱パスの面積（m²）

T_{is} : 内筒7の温度（K）

T_{os} : 外筒4の温度（K）

L_c : コンクリート遮蔽体3の厚さ（m）

として、 $\lambda = \lambda_f$, $S = S_f$, $\Delta T = T_{is} - T_{os}$, $L = L_c$ を前記式【A】にそれぞれ代入すれば、この構造における内外筒間の伝熱量Q_Pは、

$$Q_P = \lambda_f \times S_f \times (T_{is} - T_{os}) / L_c \quad [B]$$

で得ることができる。

【0051】

ここで前記第5実施形態の構成におけるコンクリート領域の伝熱性能 (Q_I) は、内外筒4・7が伝熱フィン30で直接つながれた構造の伝熱性能 (Q_P) に比し、ある程度劣ることが避けられない。しかし、それを補うように伝熱フィン21, 22の枚数を増やせば、コンクリートキャスクAとして必要な伝熱性能（除熱性能）を確保することは可能である。

但し、伝熱フィン21, 22の設置スペースにも限りがあるので、補うことが可能な伝熱性能にも限界がある。従って、本実施形態のコンクリート領域の伝熱量 Q_I は、内外筒4・7に伝熱フィン30がつながっている場合の伝熱量 Q_P の2分の1が限度であると考えることができる。従って、

$$Q_P \times 0.5 \leq Q_I \quad [D]$$

の条件を満たせば、放射線のストリーミングを上述のように効果的に回避しつつ、要求される伝熱性能を現実的に達成し得るコンクリートキャスク4を得られると考えられる。

【0052】

以上の結果、式 [D] に上記 [B], [C] の式を代入して、

$$(\lambda_f \times S_f \times (T_{is} - T_{os}) / L_c) \times 0.5 \leq \lambda_c \times S_c \times (T_{if} - T_{of}) / a \quad [E]$$

の式を得ることができる。

【0053】

ここで、図11の比較対照例において伝熱フィン30が容器3の軸方向に一様に取り付けられている場合は、

$$S_f = t \times M \quad [F]$$

が成り立つ。

ここで M は、容器3の軸方向における伝熱フィン30の長さである。

【0054】

そして、第5実施形態において、伝熱フィン21・22が容器3の軸方向に一

様にオーバーラップされている場合（容器3を軸方向のどの位置で切っても図10の横断面が一様に現れる場合）は、

$$S_c = w \times M \quad [G]$$

が成り立つ。

ここでwは、第一・第二の伝熱フィン21・22のオーバーラップ領域の長さである。

【0055】

更には、コンクリート遮蔽体3に比較して伝熱フィン（21, 22, 30）の熱伝導率が十分大きい場合は、

$$T_{is} - T_{os} \approx T_{if} - T_{of} \quad [H]$$

と近似することができる。

【0056】

従って、式【E】は、上記【F】～【H】の関係式を代入することで、以下の式【I】のように簡略化することができる。

$$(\lambda_f \times t) / L_c \times 0.5 \leq (\lambda_c \times w) / a \quad [I]$$

この式【I】から、請求項3の式を得ることができる。

【0057】

上記の式【I】は、第5実施形態におけるオーバーラップ部のコンクリート伝熱領域の伝熱性能（ Q_I ）が、比較対照例の構成、即ち伝熱フィン30で内外筒4・7が直接接続された構成の伝熱性能（ Q_P ）の0.5倍以上あればよいことを表している（ $Q_P \times 0.5 \leq Q_I$ ）。

しかしながら、製造コストや工数等の観点からいえば、第5実施形態においても伝熱フィン21・22の設置枚数の増大は避けたほうが良い。従って、上記伝熱性能 Q_I は、内外筒4・7が伝熱フィン30で繋がっている場合の性能 Q_P と同等以上であることが一層望ましい（ $Q_P \leq Q_I$ ）。この式に上記【F】～【H】の式を代入すると、以下の式【J】が導かれる。

$$(\lambda_f \times t) / L_c \leq (\lambda_c \times w) / a \quad [J]$$

【0058】

次に、第3実施形態のようにL字型の伝熱フィン18を取り付けた場合のコン

クリートキャスクAの伝熱性能（除熱性能）について説明する。

図12は第3実施形態の容器の横断面一部拡大図である。

【0059】

この第3実施形態のように伝熱フィン18が外筒4側に設置されている場合の伝熱性能(Q_{I1})は、上記の式[D]の考え方と同様に、 $Q_p \times 0.5 \leq Q_{I1}$ から、

$$(\lambda_f \times S_f \times (T_{is} - T_{os}) / L_c) \times 0.5 \leq \lambda_c \times S_c \times (T_{is} - T_{of}) / a \quad [K]$$

の条件を満たさなければならないことになる。

ここで、

S_c ：伝熱フィン18先端の折り曲げ部と内筒7との間の領域におけるコンクリートの伝熱パスの面積 (m^2)

T_{of} ：伝熱フィン18の内筒7に面する領域（前記折り曲げ部）の温度 (K)

a ：伝熱フィン18の内筒7に面する領域（前記折り曲げ部）と、内筒7との間の距離 (m)

である。その他のパラメータの定義は、前記第5実施形態および前記比較対照例における式のパラメータの定義とまったく同様である。

【0060】

ここで、コンクリート遮蔽体に比較して伝熱フィン(18, 30)の熱伝導率が十分大きい場合は、

$$T_{is} - T_{os} \approx T_{is} - T_{of} \quad [L]$$

が成立する。

【0061】

また、第3実施形態において伝熱フィン18が軸方向に一様に配置されている場合は、

$$S_c = w \times M \quad [M]$$

が成り立つ。ここで、 w は、伝熱フィン18の折り曲げ部（内筒7の外壁と対向する部分）の長さである。即ち w は、前記対向面の幅方向長さを意味する。

【0062】

従って、上記[K]の式は、

$$((\lambda_f \times t) / L_c) \times 0.5 \leq (\lambda_c \times w) / a \quad [N]$$

と単純化することができる。

この式 [N] から、請求項 5 の式を得ることができる。

【0063】

なお、伝熱フィン 18 の数を少なくできるためには、前記式 [J] の考え方と同様に、 $Q_P \leq Q_{I1}$ の式から

$$(\lambda_f \times t) / L_c \leq (\lambda_c \times w) / a \quad [O]$$

の式を満たすことが望ましい。

【0064】

次に、第 4 実施形態のように内筒 7 側に L 字型の伝熱フィン 18' を取り付けた場合のコンクリートキャスクの伝熱性能（除熱性能）について説明する。

図 13 は第 4 実施形態の容器の横断面一部拡大図である。

【0065】

この第 4 実施形態（図 13）のように伝熱フィン 18 が内筒 7 側に設置されている場合の伝熱性能（ Q_{I2} ）は、上記の式 [D] の考え方と同様に、 $Q_P \times 0.5 \leq Q_{I2}$ から、

$$\begin{aligned} & (\lambda_f \times S_f \times (T_{is} - T_{os}) / L_c) \times 0.5 \leq \\ & \lambda_c \times S_c \times (T_{if} - T_{os}) / a \end{aligned} \quad [P]$$

の条件を満たさなければならないことになる。

ここで、

S_c ：伝熱フィン 18' 先端の折り曲げ部と外筒 4 との間の領域におけるコンクリートの伝熱パスの面積 (m^2)

T_{if} ：伝熱フィン 18' の外筒 4 に面する領域（前記折り曲げ部）の温度 (K)

a ：伝熱フィン 18' の外筒 4 に面する領域（前記折り曲げ部）と、外筒 4 との間の距離 (m)

である。その他のパラメータの定義は、前記第 5 実施形態および前記比較対照例における式のパラメータの定義とまったく同様である。

【0066】

ここで、コンクリート遮蔽体に比較して伝熱フィン（18'，30）の熱伝導率が十分大きい場合は、

$T_{is} - T_{os} \approx T_{if} - T_{os}$ [Q]
が成立する。

【0067】

また、第4実施形態において伝熱フィン18'が軸方向に一様に配置される場合は、

$$S_c = w \times M \quad [R]$$

が成り立つ。ここで、wは、伝熱フィン18'の折り曲げ部（外筒4の内壁と対向する部分）の長さである。

【0068】

従って、上記【K】の式は、

$$((\lambda_f \times t) / L_c) \times 0.5 \leq (\lambda_c \times w) / a \quad [S]$$

と単純化することができる。

この式【S】は上記式【N】と同一の式であり、この式【S】からも、請求項5の式を得ることができる。

【0069】

なお、伝熱フィン18'の数を少なくできるためには、前記式【J】の考え方と同様に、 $Q_p \times \leq Q_{I2}$ の式から

$$(\lambda_f \times t) / L_c \leq (\lambda_c \times w) / a \quad [T]$$

の式を満たすことが望ましい。

【0070】

次に、伝熱フィンを有しないコンクリートキャスクの伝熱性能（除熱性能）について説明する。

図14は伝熱フィンなしの構成における容器の横断面一部拡大図である。

【0071】

図14においては、内外筒4・7の間に径方向の伝熱フィン31が存在すると仮想的に考え、その伝熱フィン31を挟む1ピッチ間隔のコンクリート遮蔽体3領域の幅をwとする。

なお、

L_c ：コンクリート遮蔽体3の厚さ (m)

a ：仮想伝熱フィン31の半径方向の長さ (m)

λ_c ：コンクリート遮蔽体3の熱伝導率 (W/m・K)

λ_f ：仮想伝熱フィン31の熱伝導率 (W/m・K)

t ：仮想伝熱フィン31の厚さ (m)

w ：仮想伝熱フィン31を挟む1ピッチ間隔のコンクリート遮蔽体3領域の幅

(m)

である。

【0072】

すると、上述の式〔N〕〔S〕の特異な例として

$$L_c = a \quad [U]$$

が成り立つことから、

$$\lambda_f \times t \leq \lambda_c \times w \quad [V]$$

が成り立つ。

【0073】

この式〔V〕は、当該式の関係を満たすような熱伝導率を有するコンクリートを用いれば、（従来は必要不可欠であった伝熱フィンがなくても）十分な除熱性能のあるコンクリートキャスクが設計可能となることを意味する。

【0074】

次に、具体的なコンクリートキャスクの設計構造を想定して、伝熱フィンがなくとも除熱設計が成立するようなコンクリート遮蔽材料の熱伝導率を求める。

上述の式〔A〕($Q = \lambda \times S \times \Delta T / L$)に、除熱性能が成立すると考えられるキャスクの寸法、発熱量、内外筒の温度差を代入する。これらの値は予め実験等で得られており、具体的には、

内部発熱量： $Q = 14 \text{ kW}$

内筒7と外筒4の温度差： $\Delta T = 50 \text{ K}$

遮蔽体の厚さ： $L = L_c = 0.35 \text{ m}$

内筒7の内径： $D = 1.6 \text{ m}$

発熱領域の軸方向長さ：M=3.7m
である。

【0075】

ここで伝熱パス面積Sについては、遮蔽体3を径方向に2等分する仮想円筒を考え、その周面の面積を平均的な伝熱パス面積と考えている。また、計算を簡略化するため、内外筒4・7の厚さを無視して、仮想円筒の直径はD+L_cとしている。従って、 $S = \pi \times (D + L_c) \times M = \pi \times (1.6 + 0.35) \times 3.7 = 23 \text{ (m}^2\text{)}$ となる。

【0076】

これらの数値を式(A)に代入すると、 $\lambda = 14000 / 23 / 50 \times 0.35 = 4.3 \text{ (W/m \cdot K)}$ となる。即ち、この計算例から熱伝導率が少なくとも4W/m・K以上程度のコンクリート遮蔽体を用意できれば、伝熱フィンを有する従来タイプのコンクリートキャスクと同等の除熱性能を、伝熱フィンなしでも発揮させることができることになる。

【0077】

上記で示したような熱伝導特性に優れたコンクリート材料としては、熱伝導特性に優れた銅或いは銅合金の粉末、纖維、塊等を混合することにより得ることができる。

また、本コンクリート材料については、その熱伝導特性を良くすることのほか、（ガンマ線遮蔽性能に効く）密度を高くするという観点からも、鉄、銅、タンゲステン等を含む金属材料や化合物を添加することが有効である。

【0078】

これまでに述べた伝熱フィン(11, 11', 18, 18', 21, 22)としては、銅または銅合金製とすることが、熱伝導性能に優れ、且つ、コンクリートのアルカリ雰囲気で腐食されにくい点で最も好適である。しかしながら、キャニスターa内部に挿入される放射性物質xの発熱量が比較的小さい場合は、銅や銅合金である必要はなく、鉄系の材料でも良い。

伝熱性能に優れた材料としてアルミニウムやアルミニウム合金を挙げることもできるが、これらはアルカリ雰囲気で溶解されることから、コンクリートに混合

して使用することは困難である。しかしながら、その表面にメッキや陽極酸化処理を施す等すれば、コンクリートキャスクの伝熱フィンとして用いることは可能である。

【0079】

本構造のコンクリートキャスクAは、キャニスターaとの間に通気を行う構造（特許文献1に開示されるような構造）ではないため、コンクリート材料が100°C以上の高温にさらされる可能性が高い。そのような雰囲気では、コンクリート材料中に含まれている自由水が放出され、この結果として（中性子遮蔽に有効な）水素の含有率が低下し、中性子遮蔽性能が低下する可能性がある。

これを防ぐために、本コンクリートキャスクAに使用するコンクリート材料は、自由水で水素を保持するのではなく、結晶体としての水分（水素）を保持する水酸化物を混合することにより、必要な水素含有量を保持することができる。この場合は、コンクリートの温度が100°Cを超えると、水酸化物の分解温度（解離圧が1 atmとなる温度）及び融点に達しない限り、中性子遮蔽のために必要な水素含有量を含め、コンクリートの性能は維持される。水酸化物は、コンクリート材料に15mass%以上含有されていることが望ましい。

【0080】

融点及び分解温度が100°Cよりも高い、即ち100°Cでは水を分解しない水酸化物として、Ca, Sr, Ba, Raのアルカリ土類金属やこれと同属のMg等の水酸化物がある。このような水酸化物は、硬化体中に混合して結晶水として水分（水素）を保ち、中性子のしゃへい性能に優れる。例えば、水酸化カルシウムの場合、その分解温度は580°Cであり、水酸化バリウムの場合、その融点は325°Cで分解温度は998°Cあるため、高温領域まで水分（水素）を保持する。

上記以外で、組成物ないしは硬化体に混合される水酸化物としては、水酸化リチウム、水酸化ナトリウム、水酸化カリウム、水酸化ランタン、水酸化クロム、水酸化マンガン、水酸化鉄、水酸化コバルト、水酸化ニッケル、水酸化銅、水酸化亜鉛、水酸化アルミニウム、水酸化鉛、水酸化金、水酸化白金、水酸化アンモニウム等がある。

また、水酸化物としては水に対して難溶性、不溶性であるものが好ましく、このような水酸化物を添加することにより、セメントとの水和反応後の硬化体において、100°C以上で分解して水分を放出しない水酸化物を確実に含有させることができる。

組成物に混合される水酸化物は、20°C 100 g の純水に対する溶解量が15 g 以下のものが好ましく、5 g 以下が更に好ましく、1 g 以下が最も好ましい。

上述したアルカリ土類金属並びにそれと同属の金属であるMg の水酸化物は溶解度の面でも優れている。例えば、カルシウム、ストロンチウム及びマグネシウムの水酸化物は上記溶解量が1 g 以下であり、バリウムの水酸化物は上記溶解量が5 g 以下である。

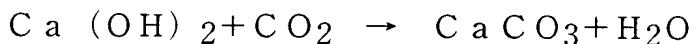
なお、これらの水酸化物の中でも、カルシウム及びマグネシウムの水酸化物はCa とMg の原子量が小さいことから、水酸化物としての含有水素量の割合が高くなるため、中性子しゃへい性能の向上に特に有効である。

また、水酸化カルシウムに含まれるカルシウムは、ポルトランドセメントの主成分であり、また、水酸化カルシウムは通常のセメントの水和反応で生成する物質であることから、上記水酸化物の中でも水酸化カルシウムが最も好ましい。

【0081】

上記のとおり本コンクリート材料には水酸化物が含まれており、これによって必要な水素含有量を確保している。しかし、上記水酸化物は大気中の二酸化炭素と反応して分解され水が放出される場合があるため、大気と遮断しておく必要がある。

例えば、水酸化カルシウムの場合を例にすると、大気中に存在する二酸化炭素と反応すると最終的に炭酸カルシウムとなって水分（水素）を結晶から放出してしまい、長期的に中性子の遮蔽性能が低下するおそれがある。この反応は、以下の化学式で示される。



【0082】

これを防ぐために、本実施形態では、コンクリートキャスクの構造として、炭素鋼、ステンレス鋼等からなる内筒7、外筒4、フランジ及び底板で密閉された

空間に本コンクリート材料を設けている。

【0083】

なお、ここでいう「密閉」とは、二酸化炭素を含む外気がコンクリート硬化体（上記コンクリート遮蔽体3）と接触しないようにすることを意味するのであって、コンクリートキャスクAの使用期間中に発生するガスを安全のために外部に放出するリリーフ弁を外筒4等に設けても、上記意味の「密閉」を失わせるものではない。

更には、二酸化炭素を吸着剤などによって吸着させることにより、コンクリート硬化体と二酸化炭素が接触しない構造とし、上記意味の「密閉」を実質的に達成するようにしてもよい。

【0084】

次に、コンクリートキャスクA製造時のコンクリートの脱泡について説明する。

即ち、コンクリートの混練及び打設の際には、空気を巻き込んで内部に空隙ができる可能性が高い。このようなコンクリートから前記容器3を構成した場合、上記空隙があるとそのまま遮蔽体の欠損領域となるために、放射線のストリーミング防止の観点から望ましくない。そのためには、混練時、或いは打設時に真空脱泡する方法がよい。

図15はコンクリート混練時における真空脱泡の構成例を示す図、図16はコンクリート打設時における真空脱泡の構成例を示す図である。

【0085】

混練時の真空脱泡の方法としては、ポットミキサー、スクリュー或いはパドル式混練機等の混合混練機の混練室を密封構造として、ここに真空ポンプを設置して脱泡する方法がある。

【0086】

図15には、コンクリートを混練時に脱泡する際の構成例が示される。この図15において、符号61はポット式のコンクリートミキサーであり、ポットの内部に混練室が構成されている。ポットには、当該ポットの開口部61aに着脱可能となるよう、円板状の真空フランジ62が備えられる。真空フランジ62は適

宜のシール構造を有しており、前記開口部61aを気密を保って覆うことが可能である。この結果、ポット内部の密閉が達成される。

真空フランジ62の一側の面には空気吸引口が形成されており（図略）、真空フランジ62をコンクリートミキサー61に取り付けたときに、前記空気吸引口がポット内部の空間に接続するようになっている。

真空フランジ62の他側の面には、その中心にボス部が凸設され、当該ボス部に連通口63が形成されている。連通口63は、真空フランジ62内部の空間に形成した適宜の経路を介して、前記空気吸引口と接続されている。連通口63には、フレキシブルホース65の一端が取り付けられる。該フレキシブルホース65の捩れを防止するために、連通口63に対する接続箇所にはロータリージョイント64が介在される。フレキシブルホース65の他端は、真空ポンプ66の吸引側に接続される。

【0087】

以上の構成において、コンクリートはポット内部で混練されることで気泡を巻き込むこととなるが、混練作業と並行して真空ポンプ66を駆動することで前記混練室内を脱気することで、前記気泡はフレキシブルホース65を介して吸引排気され、コンクリートの脱泡が達成される。

【0088】

図16にはコンクリート打設時の真空脱泡のための構成が示される。この図16において、内外筒4・7の上部に、蓋68が密封可能に設置されている。この蓋には、コンクリートの打設口69が数箇所設けられるとともに、吸引口70が形成されている。吸引口70は、適宜のホース71を介して、真空ポンプ72に接続される。符号73で略示されるのは、コンクリートを供給するための配管である。

【0089】

この構成において、コンクリート打設の際は内外筒4・7の間に生コンクリートを打設口69から流し込むとともに、真空ポンプ72を駆動することで内外筒4・7の間の空間内を脱気する。この結果、コンクリートの脱泡が達成される。

【0090】

なお、本発明の実施形態の構成は、伝熱フィン（11等）で内外筒4・7が完全には仕切られていないため、上述のとおり、一つのセルから他のセルに生コンクリートを流通させることができる。この結果、図16のように打設口69の設置個数を数箇所程度と少なくすることができている。

【0091】

なお、伝熱フィンが前記離間部において完全に切り欠かれておらず、容器3の軸方向一部のみを切り欠く構成でも、上述した打設の容易性は同様に向上される。

更に、前記離間部以外にも、伝熱フィンに貫通孔（開口部）を設けることとすれば、当該貫通孔を介してコンクリートを流通させることができ、これによっても打設の容易性は向上される。開口部の数や配置は、上述した伝熱性能との兼ね合いで、適当に定めれば良い。例えば、前記第5実施形態のような伝熱フィン21・22の千鳥状配置の場合には、両伝熱フィン21・22のオーバーラップ部を避けた領域に前記開口部を設けるのが、伝熱性能の低下を小さく抑えられる点で望ましい。

【0092】

次に、コンクリートキャスクの伝熱性能の検証実験について説明する。

図17（a）は第5実施形態のコンクリートキャスクの伝熱性能検証実験における試験体の縦断面図、（b）は横断面図である。

【0093】

図17には、この検証実験に使用された伝熱試験体Cが示される。伝熱試験体Cは、前記第5実施形態のコンクリートキャスクの容器本体1の筒状部分を切り出したものに相当し、前記内外筒4・7や、コンクリート遮蔽体3を備えている。図17（a）に示すように、伝熱試験体Cの軸方向両端面は、断熱材80・80で覆われている。

内筒7の内部にも断熱材81が配置される。断熱材81と内筒7との間には適宜厚さの円筒状の隙間が形成されており、この隙間部分に、加熱のためのヒータ82が設置される。ただし、図17（b）においては、断熱材81やヒータ82

の図示を省略している。

【0094】

このような図17の構成において、ヒータの出力を2.1 kWとした伝熱試験を実施した。また、これと同じ条件で伝熱解析を行い、伝熱試験の結果と比較した。ここで、 $w=90\text{mm}$ 、 $a=38\text{mm}$ であった。

【0095】

表1に、伝熱試験に用いたコンクリート材料の配合組成を示す。また、この試験体に使用した材料を表2に示す。

【0096】

【表1】

伝熱試験に用いたコンクリート材料の配合組成

低熱ポルトランドセメント	シリカフューム	水酸化カルシウム	金属系材料		化学混和剤		
			鉄粉	鉄織維	高性能AE減水剤	消泡剤	水
287	32	1131	640	157	94	0.9	281

【0097】

【表2】

試験体の材料と熱物性値

試験体部品名	材料	厚さ(mm)	常温熱伝導率(W/m·K)
内筒	炭素鋼	16	52
外筒	炭素鋼	16	52
伝熱フイン	銅	2	398
しゃへい体	コンクリート	250	2.0

【0098】

これらの寸法と物性値から $(\lambda_f \times t) / L_c$ 、 $(\lambda_c \times w) / a$ を計算すると

$$(\lambda_f \times t) / L_c = 3.1 \text{ (W/m·K)}$$

$$(\lambda_c \times w) / a = 3.3 \text{ (W/m·K)}$$

となり、前述の式[T]、即ち

$$(\lambda_f \times t) / L_c \leq (\lambda_c \times w) / a$$

を満たすことが判る。

【0099】

表3に、伝熱試験の結果と伝熱解析の結果を示す。

【0100】

【表3】

伝熱試験と伝熱解析結果(単位:°C)

	内筒温度	外筒温度
試験結果	88	68
伝熱解析結果	88	67

【0101】

この結果、伝熱試験・伝熱解析のいずれによっても、内筒と外筒の温度差は20°C程度となり、両者の結果はよく一致した。一方、本試験モデルで伝熱フィンが内外筒とつながっている従来構造の場合の内筒と外筒の温度差を計算すると約20°Cであり、本発明のコンクリートキャスクの伝熱試験結果及び伝熱解析結果と同等であることが確認された。以上より、本発明のコンクリートキャスクの伝熱（除熱性能）が十分であることが実証された。

【0102】

以上に本発明の8つの実施形態を示したが、本発明は以上の実施形態の構成に限定されるものではなく、本発明の趣旨を逸脱しない範囲で、様々な変容が可能である。例えば、上記実施形態1では収納部内にキャニスターに収納された放射性物質を収納するコンクリートキャスクを例に説明したものであるが、本発明はバスケットに収容された放射性物質を収納するコンクリートキャスクにも適用することができる。

【0103】

また、上記実施形態では、伝熱フィン（11等）が容器3の軸方向に沿って、放射状に取り付けられている。しかしながら、伝熱フィンを容器の軸方向に垂直な扇状に形成し、内外筒4・7に交互に、熱伝導に必要なオーバーラップ領域を確保しながら軸方向に等しい間隔をおいて取り付ける構成であってもよい（前記

第5実施形態の変形例)。

【0104】

また、上記扇形のような形状の伝熱フィンの構造にする場合には、コンクリートの打設時に気泡を巻き込んだ際、伝熱フィンに引っかかって抜けにくくなるという問題がある。このような脱泡の困難を解決するためには、伝熱フィンの周縁部に取り付け位置よりも上部となるような傾きをつけたり、あるいは、伝熱フィンを螺旋状に傾けたりするとよい。

【0105】

【発明の効果】

本発明は、以上のように構成したので、以下に示すような効果を奏する。

【0106】

即ち、請求項1に示すように、金属製の内筒および外筒の間にコンクリートからなる遮蔽体と金属製の伝熱フィンが設けられており、内筒の内側に放射性物質の収納部を設けてなるコンクリートキャスクにおいて、前記収納部をキャスク外部から遮断するよう密閉構造とし、且つ、前記伝熱フィンは、その内筒側部分が前記内筒に接して設けられ、且つ、その外筒側部分が前記外筒に対して離間部を形成するように切り欠かれているか、または、その外筒側部分が前記外筒に接して設けられ、且つ、その内筒側部分が前記内筒に対して離間部を形成するように切り欠かれているので、

当該離間部を生コンクリートが打設時に流れることができる。したがって、従来の内外筒につながった伝熱フィンの構造ではコンクリートを個々のセルに打設する必要があるが、本発明によれば、その必要がなく製造が容易である。

また、従来の構造では、伝熱フィンによって遮蔽体が半径方向で完全に存在しない領域ができるために放射線のストリーミングの問題があるが、本発明では放射線が伝熱フィンを通過しようとしても外筒に到達するまでに必ず遮蔽体を通過しなければならないことになるので、ストリーミングを抑制することができる。

【0107】

請求項2に示すように、前記外筒側に接して設けられた第一伝熱フィンと前記内筒側に接して設けられた第二伝熱フィンとを少なくとも備え、第一伝熱フィン

と第二伝熱フィンは、互いにオーバーラップし、且つ、当該オーバーラップ部分において両伝熱フィン間に距離をもつように設けられているので、

上記請求項1の効果と同様の効果を奏するほか、オーバーラップ部分があるために、伝熱フィン不連続領域で熱伝導性が十分確保されるという利点がある。

【0108】

請求項3に示すように、前記両伝熱フィンのオーバーラップ部分の長さを w_1 、オーバーラップ部分における両伝熱フィンの間の距離を a_1 としたときに、 $a_1 \leq (2 \cdot \lambda_c \cdot w_1 \cdot L_c) / (\lambda_f \cdot t)$ の関係を満足するので、

従来のように伝熱フィンが内外筒につながっている場合と同等以上の伝熱性能が得られる。

【0109】

請求項4に示すように、前記伝熱フィンは、その前記離間部を形成している側が、前記内筒あるいは前記外筒に対向する対向面を備えるよう略L字状に形成されているので、

伝熱フィンが取り付けられた反対側に伝熱を促進できる。また、伝熱フィンは内筒或いは外筒の片方にのみ固定されるため、取り付けの手間が省ける。

【0110】

請求項5に示すように、前記離間部の離間距離を a_2 としたときに、 $a_2 \leq (2 \cdot \lambda_c \cdot w_2 \cdot L_c) / (\lambda_f \cdot t)$ の関係を満足するので、

従来のように伝熱フィンが内外筒につながっている場合と同等以上の伝熱性能が得られる。

【0111】

請求項6に示すように、前記伝熱フィンが略I字形状に形成されているので、伝熱フィンの製造が簡単であり、製造コスト・工数を低減できる。

【0112】

請求項7に示すように、前記離間部は、伝熱フィンと内筒あるいは外筒との間を完全に離間するように構成されているので、

外筒或いは内筒のどちらかにしか伝熱フィンを取り付けないため、伝熱フィンの取り付け作業の手間を省くことができる。また、内筒と外筒がつながっていない

いため、内筒側と外筒側とをそれぞれ別々に製作することができるので、製造工程の短縮を図ることができる。

【0113】

請求項8に示すように、前記伝熱フィンは、前記遮蔽体の径方向に対し傾けて設置されているので、

放射線のストリーミングをより確実に回避することができる。

【0114】

請求項9に示すように、前記伝熱フィンが開口部を有しているので、当該開口部を通じてコンクリートが流通しやすくなり、コンクリート打設が容易である。

【0115】

請求項10に示すように、金属製の内筒および外筒の間にコンクリートからなる遮蔽体が設けられており、内筒の内側に放射性物質の収納部を設けてなるコンクリートキャスクにおいて、前記収納部をキャスク外部から遮断するよう密閉構造とし、且つ、前記遮蔽体が金属材料を含む良熱伝導性を有するコンクリートからなるので、

金属材料が含まれることで熱伝導性能が向上し、伝熱フィンと内筒又は外筒との間に切欠部を設けることができるため、放射線のストリーミングを抑制することができる。更に、コンクリートの密度が高まり、ガンマ線遮蔽性能が高くなる。

【0116】

請求項11に示すように、上記遮蔽体の熱伝導率が4（W／m・K）以上であるので、

十分な熱伝導性能が得られる。特に、伝熱フィンなしでも十分な除熱性能が達成されるから、伝熱フィンを省略でき、コンクリートキャスクの構造の簡素化を図れる。

【0117】

請求項12に示すように、前記遮蔽体は、粒状、粉末状、繊維状の少なくとも何れか一種類の形状の金属材料を含有しているので、

熱伝導特性を上げることができる。

【0118】

請求項13に示すように、前記遮蔽体は、分解点が100°Cよりも高い結晶体として水分を保持する水酸化物を15mass%以上含有しているので、中性子線の遮蔽性能、特に、100°C以上の高温環境下における中性子線の遮蔽性能に優れる。

【0119】

請求項14に示すように、前記水酸化物が水に対して難溶性あるいは不溶性を示す水酸化物であるので、

セメントとの水和反応後の硬化体において、100°C以上で分解して水分を放出しない水酸化物を確実に含有させることができる。

【0120】

請求項15に示すように、前記遮蔽体は外気から遮断するように密閉されているので、

コンクリート材料が大気中の二酸化炭素と反応して、コンクリート中の水素が放出されるのを防ぎ、中性子遮蔽性能の劣化を防止することができる。

【0121】

請求項16に示すように、コンクリートキャスクの製造方法であって、前記遮蔽体を形成する遮蔽体材料を混練する混練工程と、混練された遮蔽体材料を打設する打設工程とを含み、少なくとも何れか一方の工程において当該遮蔽体材料を真空脱泡するので、

コンクリート遮蔽体中の空隙をなくすことができるから、遮蔽性能に優れるコンクリートキャスクが得られる。

【0122】

請求項17に示すように、前記混練工程において、混合混練機の混練室内で遮蔽体材料を混練すると共に当該混練室内を真空ポンプで脱気することにより、遮蔽体材料を真空脱泡するので、

混練時の空気の巻き込みがなくなるから、コンクリート遮蔽体中の空隙をなくすことができ、遮蔽性能に優れるコンクリートキャスクが得られる。

【0123】

請求項18に示すように、前記打設工程において、前記混練工程で混練された遮蔽体材料を前記内筒と前記外筒の間に形成した空間に打設すると共に当該空間内を真空ポンプで脱気することにより、遮蔽体材料を真空脱泡するので、

打設時の空気の巻き込みがなくなるから、コンクリート遮蔽体中の空隙をなくすことができ、遮蔽性能に優れるコンクリートキャスクが得られる。

【図面の簡単な説明】**【図1】**

本発明の第1実施形態に係るコンクリートキャスクの貯蔵状態を示す一部切欠斜視図。

【図2】

(a) は第1実施形態のコンクリートキャスクの縦断面図、(b) は横断面図

。

【図3】

第2実施形態のコンクリートキャスクの横断面図。

【図4】

第3実施形態のコンクリートキャスクの横断面図。

【図5】

第4実施形態のコンクリートキャスクの横断面図。

【図6】

第5実施形態のコンクリートキャスクの横断面図。

【図7】

第6実施形態のコンクリートキャスクの横断面図。

【図8】

第7実施形態のコンクリートキャスクの横断面図。

【図9】

第8実施形態のコンクリートキャスクの横断面図。

【図10】

第5実施形態の容器の横断面一部拡大図。

【図11】

比較対照例（従来技術）の構成における容器の横断面一部拡大図。

【図12】

第3実施形態の容器の横断面一部拡大図。

【図13】

第4実施形態の容器の横断面一部拡大図。

【図14】

伝熱フィンなしの構成における容器の横断面一部拡大図。

【図15】

コンクリート混練時における真空脱泡の構成例を示す図。

【図16】

コンクリート打設時における真空脱泡の構成例を示す図。

【図17】

(a) は第5実施形態のコンクリートキャスクの伝熱性能検証実験における試験体の縦断面図、(b) は横断面図。

【符号の説明】

A コンクリートキャスク

3 容器（コンクリート、コンクリート遮蔽体）

4 外筒

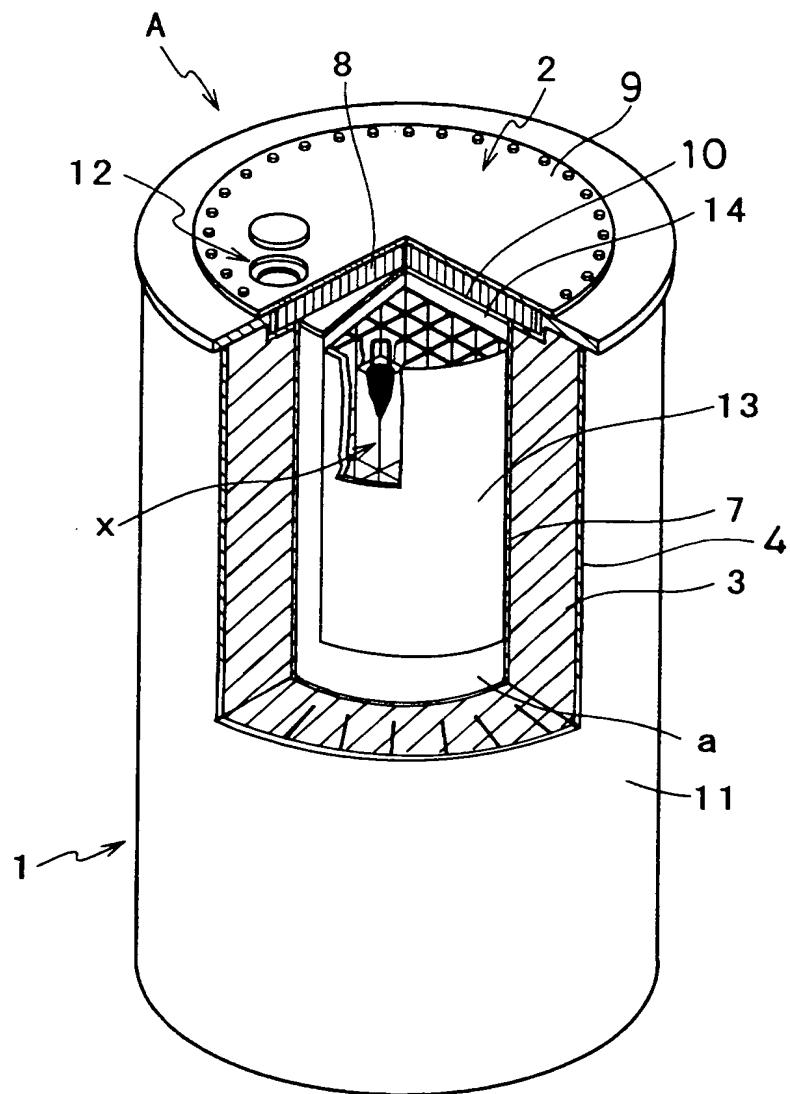
7 内筒

11, 11', 18, 18', 21, 22 伝熱フィン

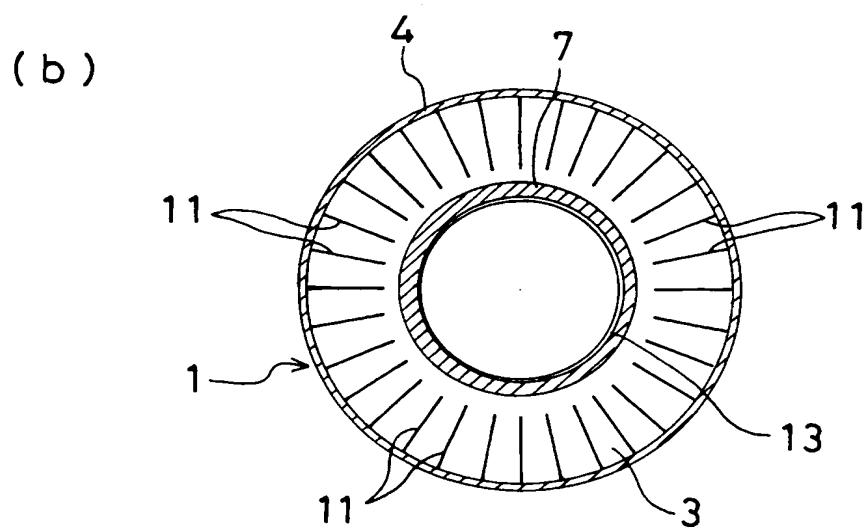
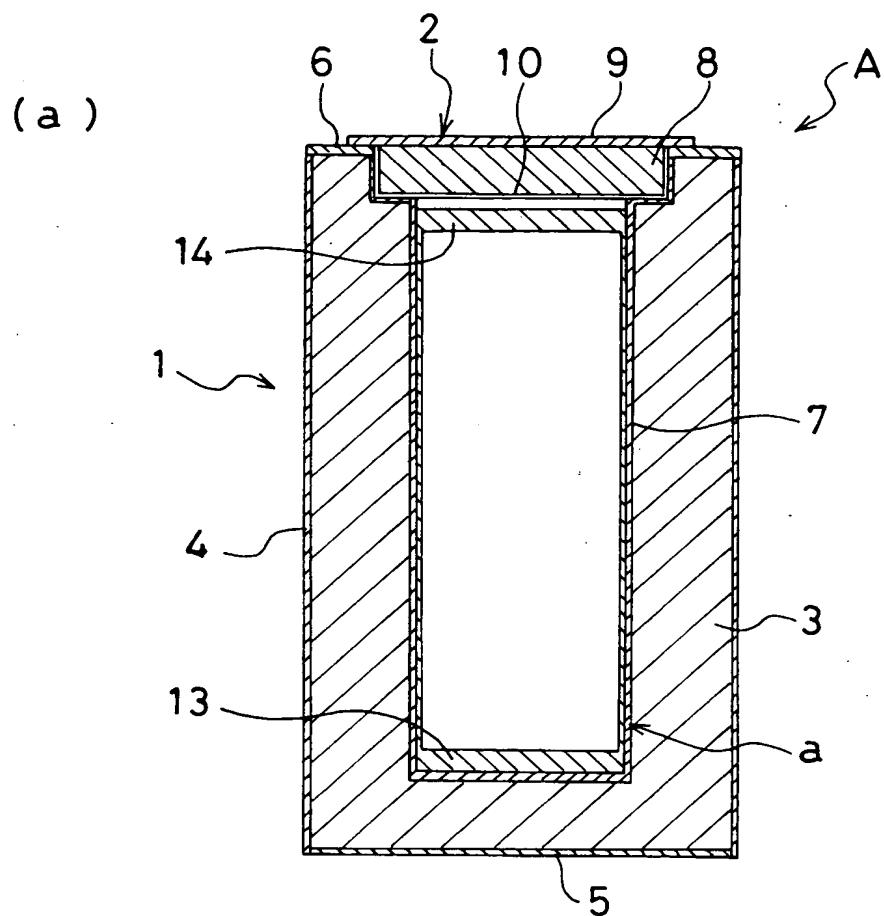
【書類名】 図面

【図 1】

第 1 実施形態

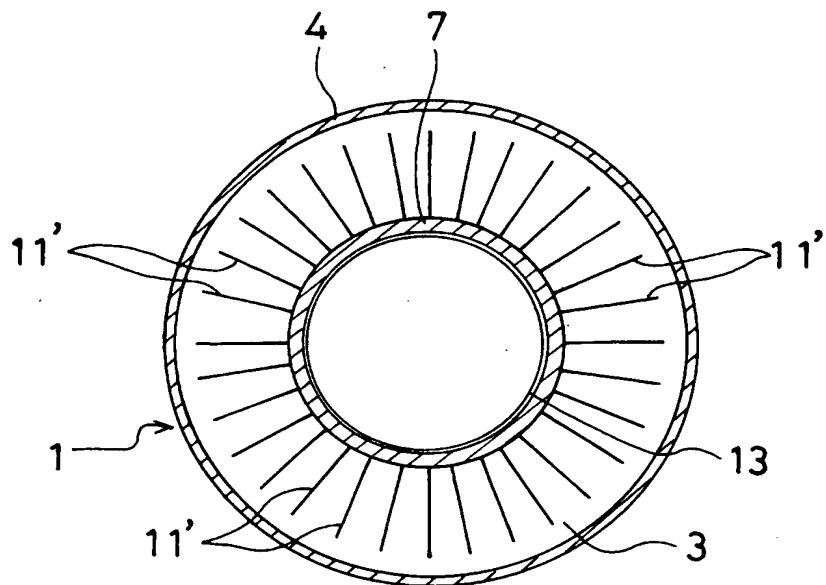


【図2】



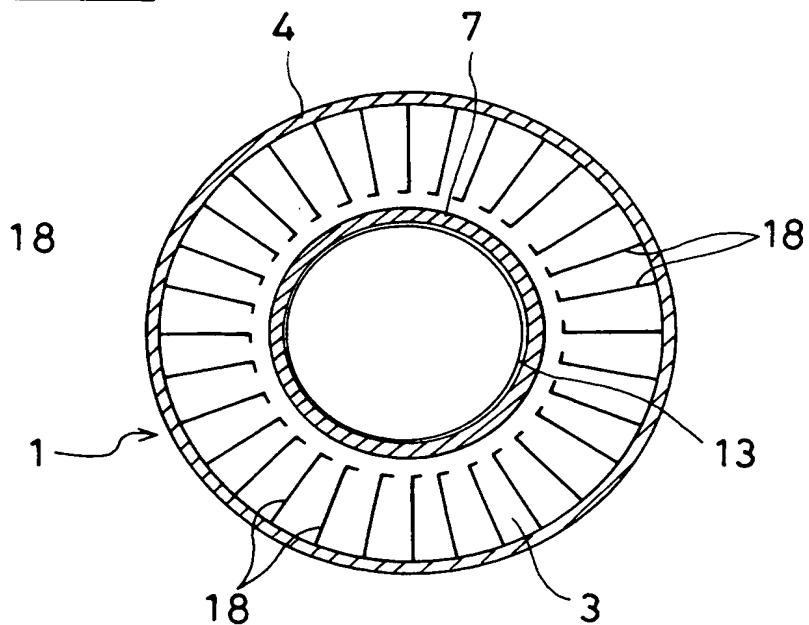
【図3】

第2実施形態



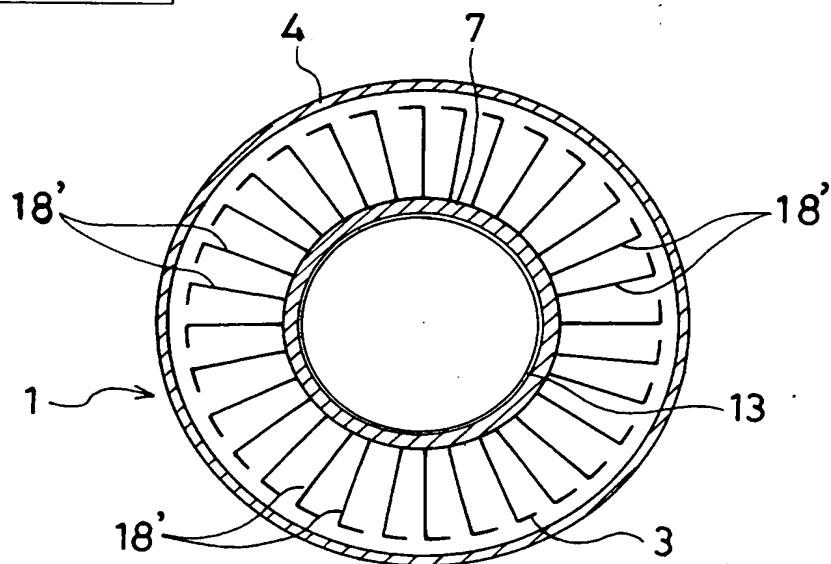
【図4】

第3実施形態



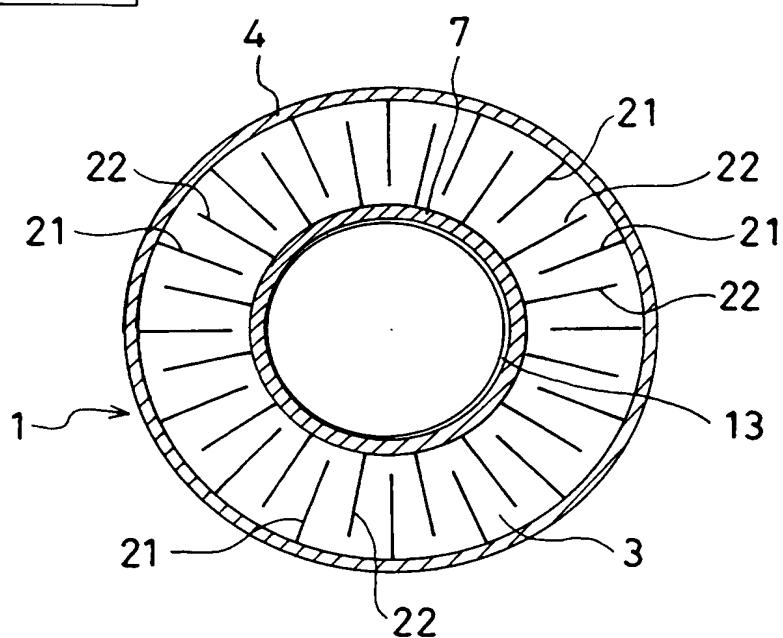
【図 5】

第 4 実施形態



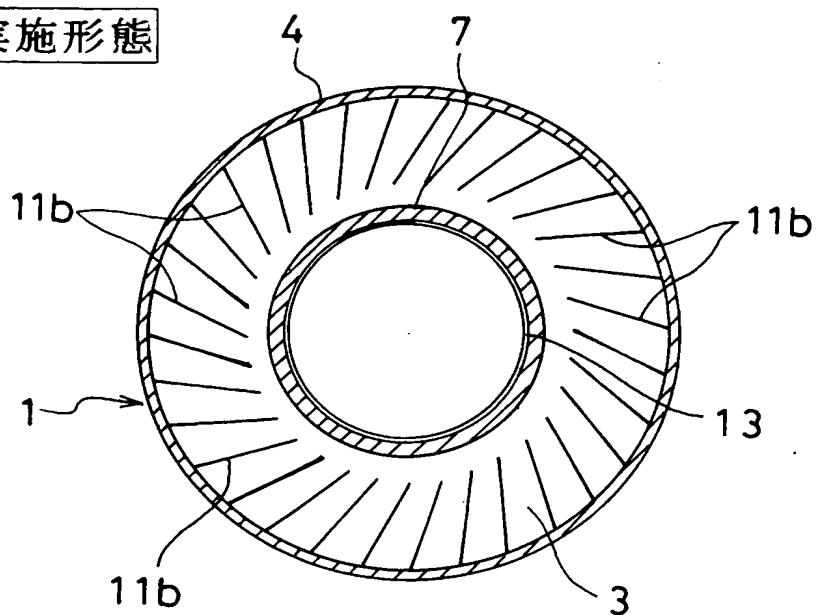
【図 6】

第 5 実施形態



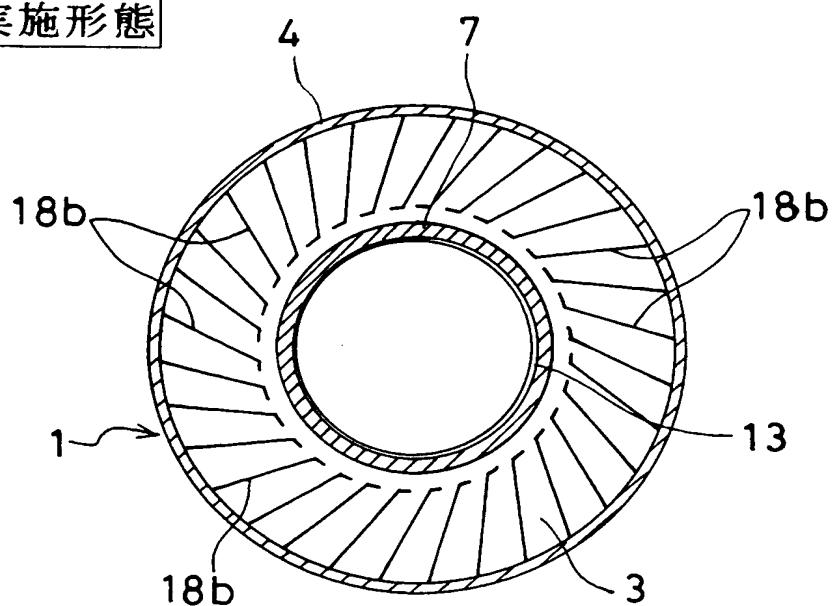
【図7】

第6実施形態

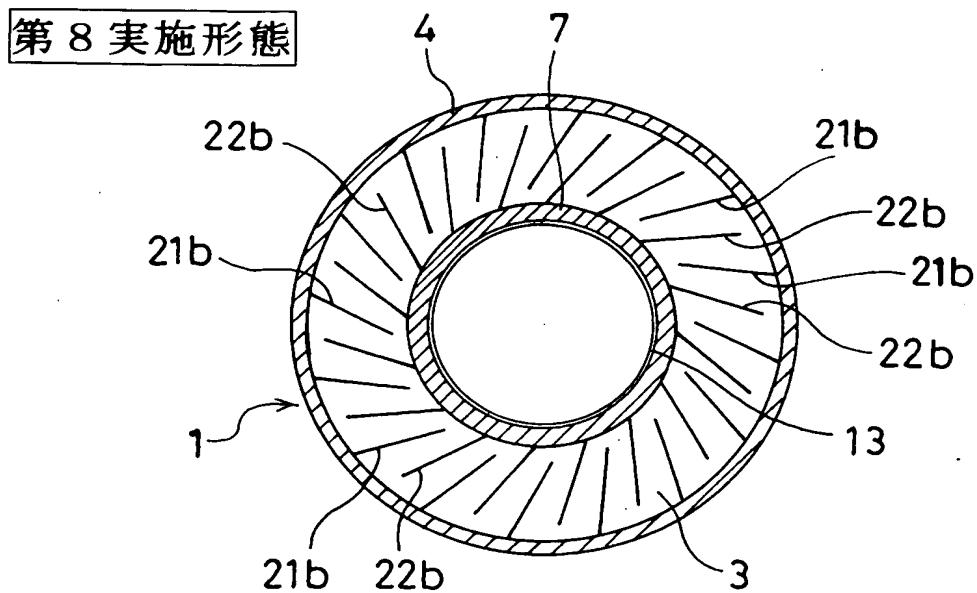


【図8】

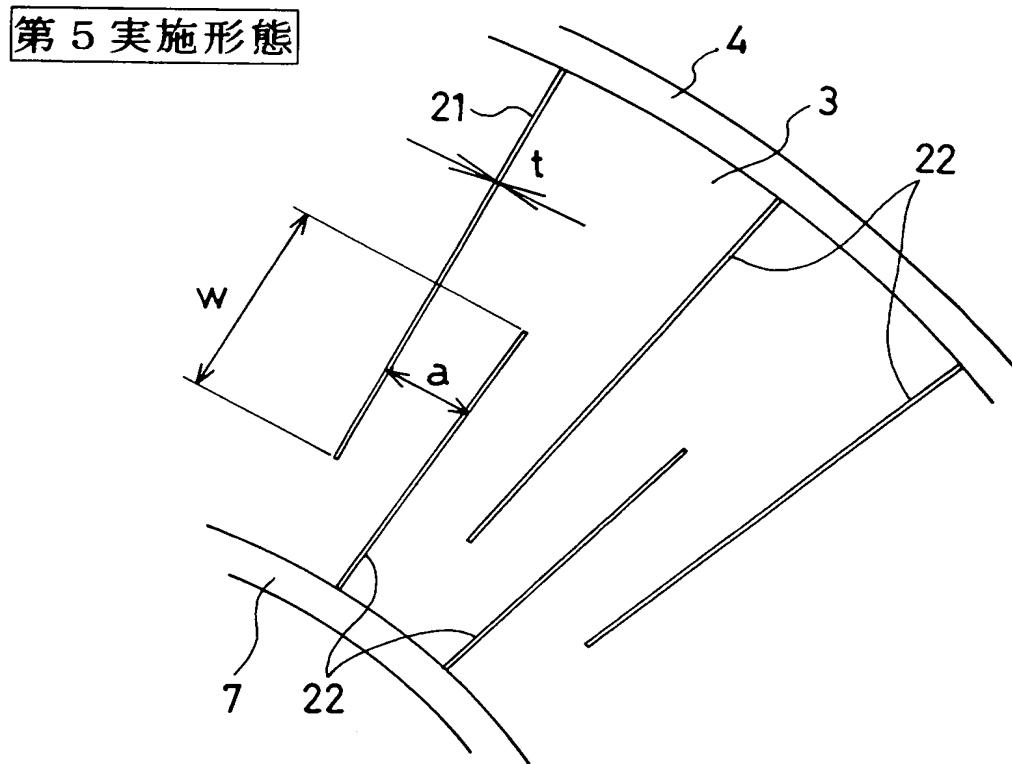
第7実施形態



【図9】

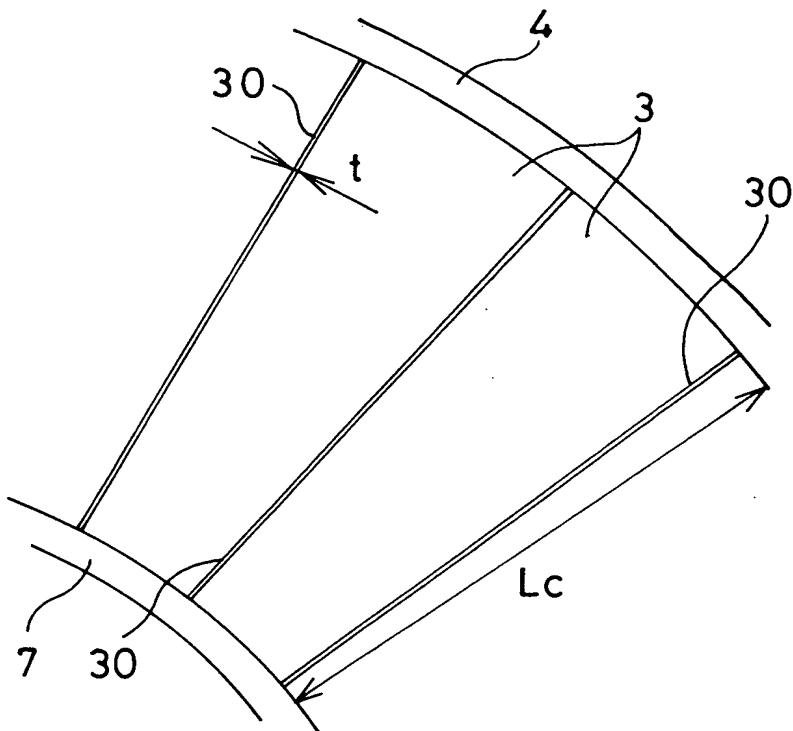


【図10】



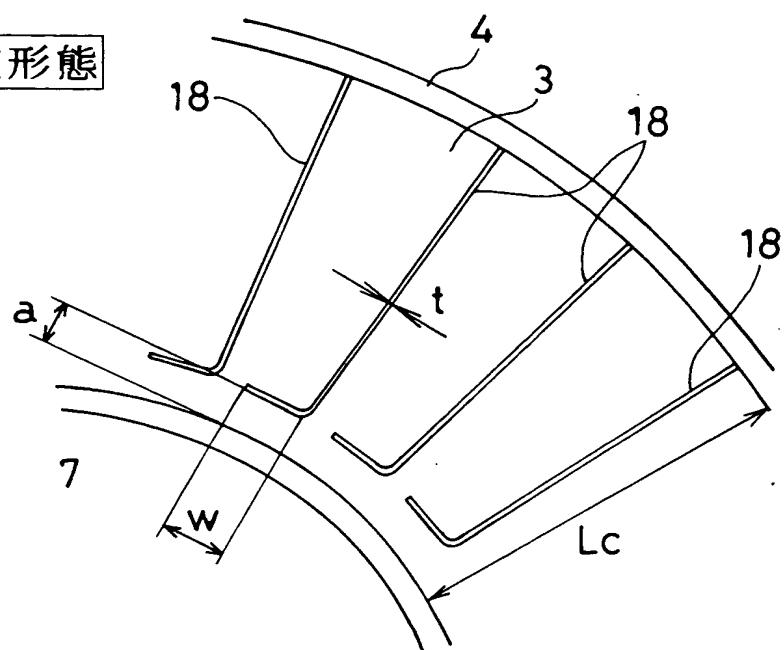
【図11】

比較対照例



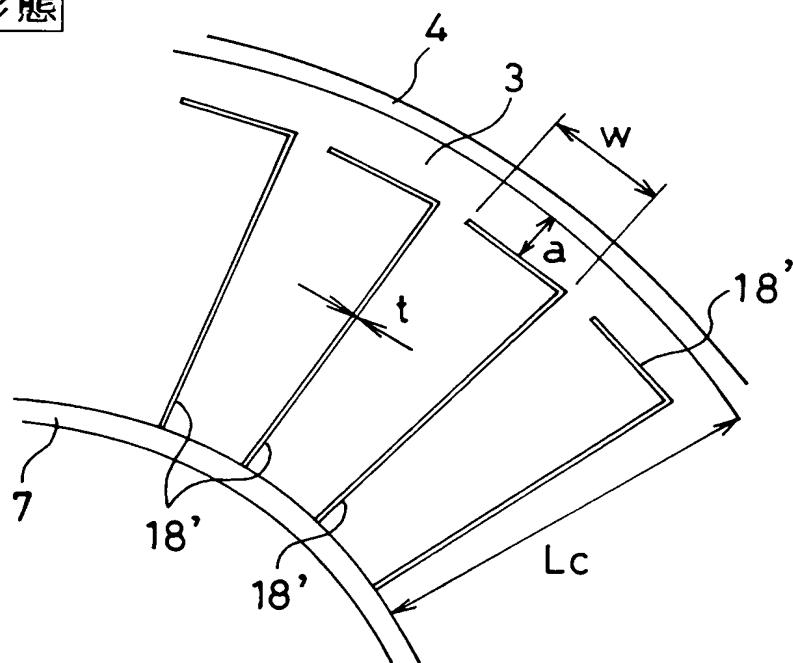
【図12】

第3実施形態



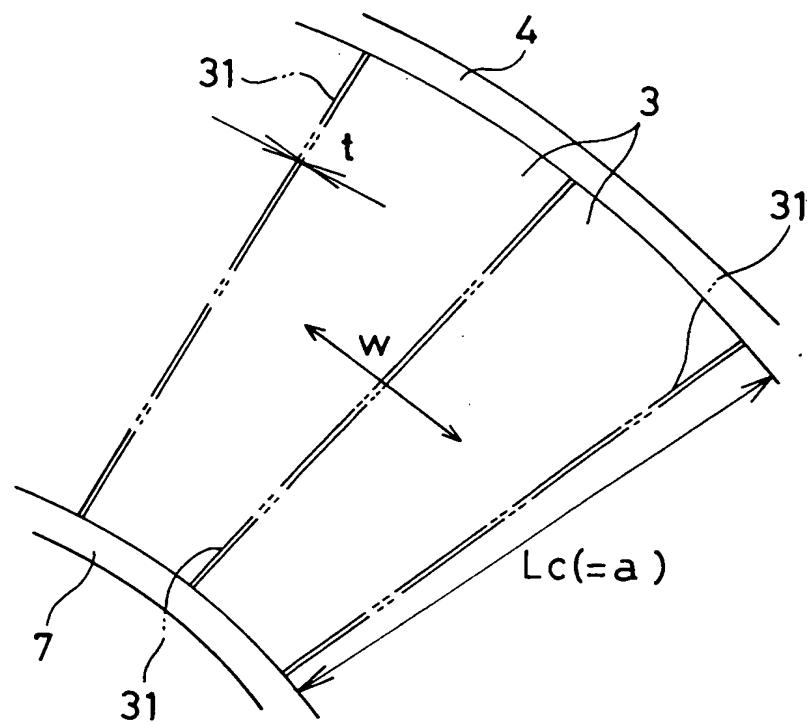
【図13】

第4実施形態

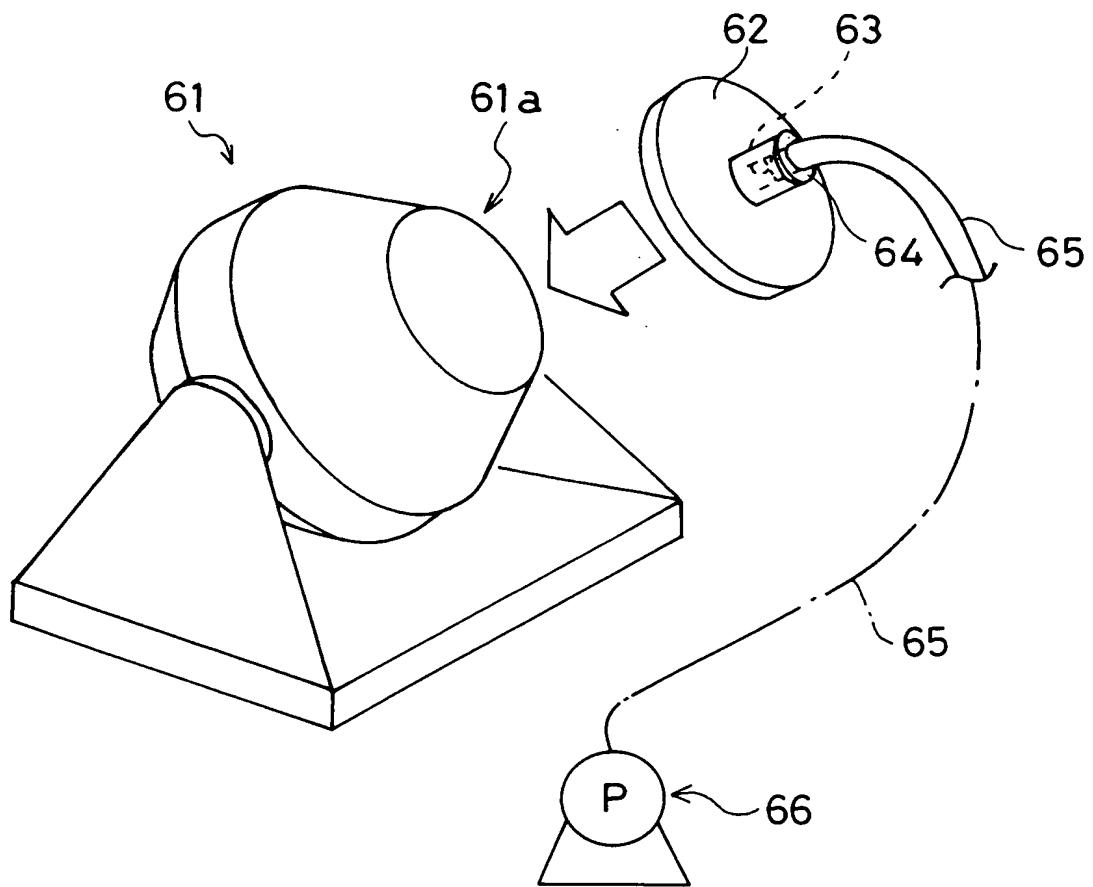


【図14】

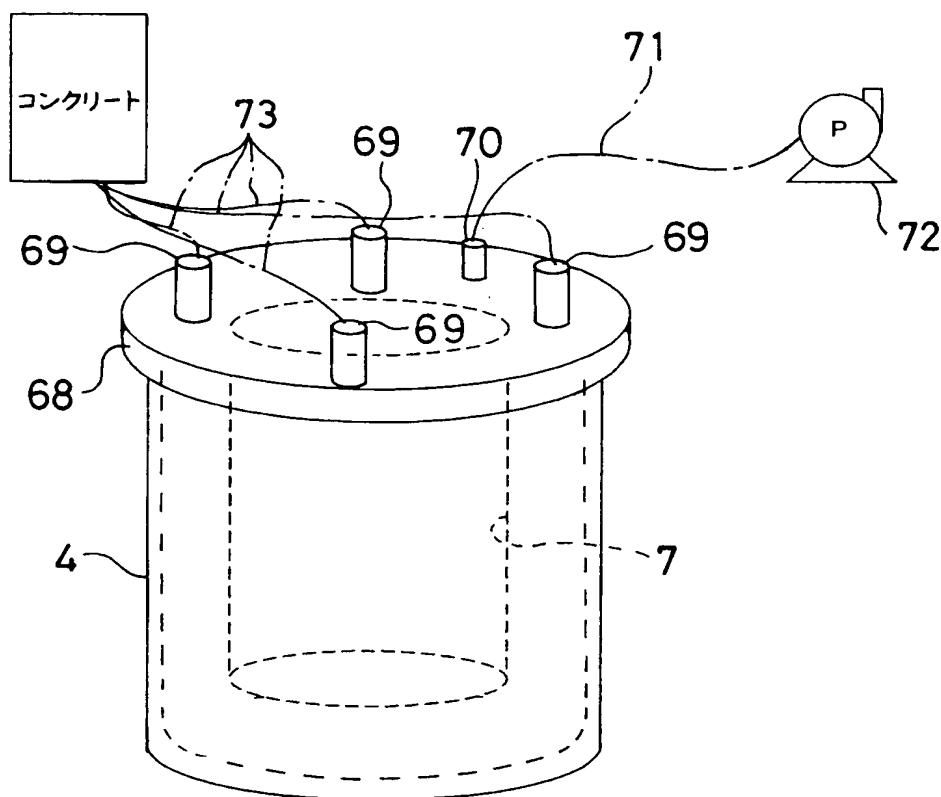
伝熱フィンなし



【図15】

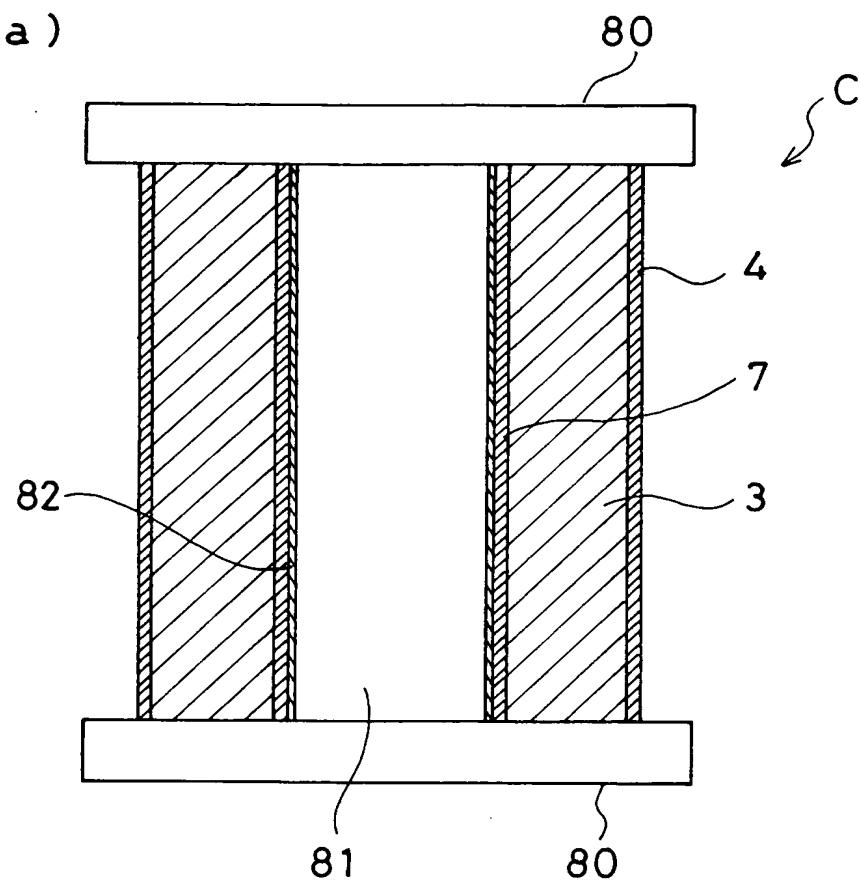


【図16】

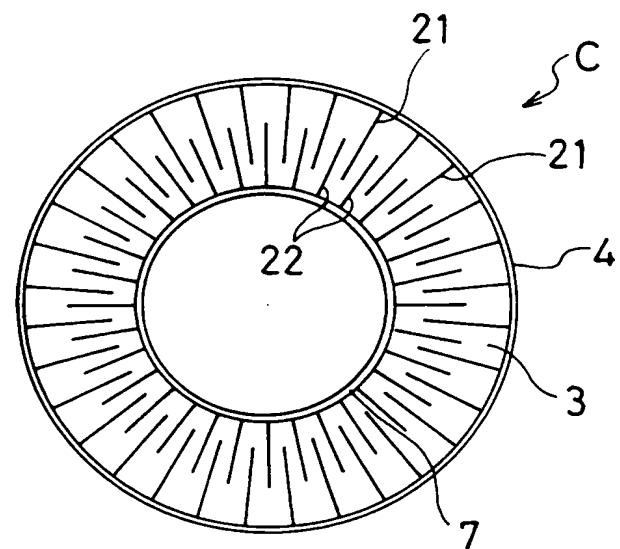


【図17】

(a)



(b)



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 従来の除熱性能を保ったまま或いは従来以上の除熱性能があり、かつ、放射能が外部に漏れない密閉型のコンクリートキャスクを得る。

【解決手段】 コンクリートキャスクAは、金属製の内筒7および外筒4の間にコンクリートからなる遮蔽体3と金属製の伝熱フイン11が設けられており、内筒7の内側に放射性物質xを収納するための収納部を設けてなる。前記収納部は、キャスクA外部から遮断するよう密閉構造とされている。前記伝熱フイン11は、その外筒4側部分が前記外筒4に接して設けられ、且つ、その内筒7側部分が前記内筒7に対して離間部を形成するように切り欠かれている。

【選択図】 図1

特願 2003-024208

出願人履歴情報

識別番号 [000001199]

1. 変更年月日 2002年 3月 6日
[変更理由] 住所変更
住 所 兵庫県神戸市中央区脇浜町二丁目10番26号
氏 名 株式会社神戸製鋼所

特願2003-024208

出願人履歴情報

識別番号 [000206211]

1. 変更年月日 1990年 8月21日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都新宿区西新宿一丁目25番1号
氏 名 大成建設株式会社